

Optimización del proceso de pasteurización de salmuera de enfriamiento en la producción de salchicha Frankfurt

Padilla-Frausto, J.J.1, Ceja-Farías, T.K. 1, Cobo-Jauregui, J. J. 1 y Navarro-Villarruel, C.L.1*

*Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad N° 1115, Col. Linda Vista, C.P. 47820, Ocotlán, Jalisco, Méx. Tel. (392) 92 59400 ext. 48462. *Correo electrónico: claudia.nvillarruel@academicos.udg.mx



INTRODUCCIÓN

El deterioro de los productos procesados antes de la fecha de consumo preferente repercute en cuantiosas pérdidas económicas para la empresa que los produce. La salchicha sufre deterioro microbiano a causa de la presencia de bacterias ácido-lácticas (BAL) en particular de el género *Leuconostoc* en el producto empacado al vacío [1, 2]. En los últimos 6 años, una empresa productora de salchichas del centro occidente de México, ha documentado 12 retiros del mercado relacionadas con empaques de salchichas tipo Frankfurt deterioradas. En este contexto, se han detectado lotes de hasta 1.9 log ufc de BAL/g en la salchicha recién horneada, a la que infortunadamente también, se le sumará la carga microbiana que le aporta la salmuera de enfriamiento (que puede contener hasta 4.9 log ufc de BAL/mL) y la de las superficies de contacto (que va desde 1.7 – 4.8 log ufc de BAL/cm²), antes de su empacado al vacío [3]. Actualmente, se han diseñado diferentes estrategias de barreras múltiples para el control del microorganismo deteriorador en el proceso, cuyo resultado conjunto puede alcanzar una reducción máxima de 4.68 ± 0.61 log ufc de *Leuconostoc* spp./empaqué [4]. Por lo que, se ha determinado que la esterilización de la solución salina para el enfriamiento de la salchicha posterior al proceso de horneado, es un punto crítico de control en el proceso de producción de la salchicha, dado que intermitentemente aporta entre 0.6 y 5.6 log ufc de BAL/g al producto en proceso. Teniendo en cuenta estos antecedentes, este trabajo tuvo como objetivo el establecer las condiciones óptimas de temperatura, tiempo de retención y diámetro de luz del tubo del espiral, para reducir a niveles no detectables a *Leuconostoc* spp., tras el proceso de pasteurización de la salmuera de enfriamiento utilizada en la fabricación de salchicha Frankfurt.

METODOLOGÍA

El estudio experimental correlacional se realizó en una empresa de embutidos cárnicos del occidente de México. El proceso se evaluó en la planta piloto de la empresa, empleando un pasteurizador compacto MWA® Modelo C1951.



Diseño experimental: Para la optimización del proceso de pasteurización de la salmuera de enfriamiento se realizó un diseño factorial de superficie de respuesta tipo Box-Behnken [5]. Se consideraron como variables las que se describen en la Tabla 1, para un total de 15 experimentos. La variable de respuesta fue la reducción de *Leuconostoc* spp. (en log ufc de *Leuconostoc* spp./mL de salmuera).

Tabla 1. Rangos de intensidad de las tres variables independientes utilizadas en el diseño factorial Box-Behnken

Factor	Descripción	Niveles		
		-1	0	+1
X ₁	Temperatura (°C)	63	68	73
X ₂	Tiempo de retención en el espiral (min)	15	20	25
X ₃	Diámetro de luz del tubo del espiral (pulgadas)	0.5	0.75	1

El choque término final de la pasteurización se consiguió bajando la salmuera a una temperatura de 3.2 ± 0.6 °C. Para este estudio, se empleó como inóculo una mezcla de seis cepas de *Leuconostoc* de las especies *lactis*(2) y *mesenteroides*(4) seleccionadas con resistencia a 150 ppm de rifampicina. La concentración microbiana de la salmuera inoculada para las pruebas fue de 6.3 ± 0.84 log ufc de *Leuconostoc* spp./mL. La salmuera de enfriamiento contenía 12% cloruro de sodio, 0.9% de humo líquido (American-Ingred®) y 2.5 ppm de nisina (Sigma-Aldrich®), en agua bidestilada. Se emplearon lotes de salmuera de 500 litros para el estudio, se tomaron muestras compuestas por 100 mL de salmuera de tres tiempos de proceso (5, 10 y 15 min) para un volumen final de 300 mL. El recuento basal y final (post-tratamiento) de *Leuconostoc* spp. en la salmuera de enfriamiento se realizó mediante vertido en placa en cajas con de agar MRS (Difco®, BD®, Sparks, MD) con 150 ppm de rifampicina (Sigma-Aldrich®), se empleó una caracterización aleatoria del 10% de las colonias en cada placa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el gráfico de Pareto para la reducción de log de ufc de *Leuconostoc* spp. con los valores del coeficiente de correlación de Pearson resultados del análisis de varianza.

Sin embargo, cuando se fijó en una pulgada el factor significativo, los valores de reducción de log de ufc de *Leuconostoc* spp. /mL de salmuera se afectaron tras modificar la intensidad del tiempo de retención y la temperatura de la primera etapa de la pasteurización (ver Figura 2).

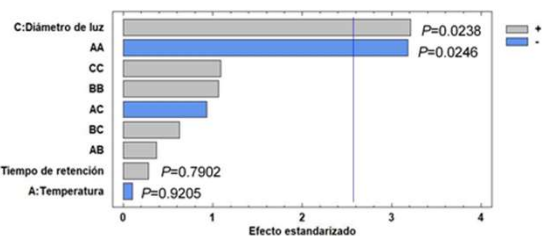


Figura 1. Gráfico de Pareto estandarizado. La línea azul en el gráfico muestra el límite crítico de significancia estadística (con un alpha de 0.05).

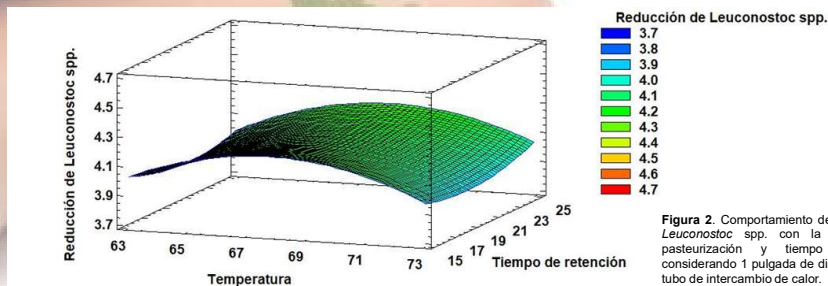


Figura 2. Comportamiento de la reducción de *Leuconostoc* spp. con la temperatura de pasteurización y tiempo de retención considerando 1 pulgada de diámetro de luz del tubo de intercambio de calor.

En el experimento en planta piloto, el valor óptimo de reducción fue de 4.52 log ufc de *Leuconostoc* spp. /mL de salmuera y se sugirió a los ingenieros de proceso implementar las siguientes condiciones óptimas para la pasteurización de la salmuera de enfriamiento (ver Tabla 2).

Tabla 2. Condiciones óptimas de pasteurización de la salmuera de enfriamiento.

Factor	Descripción	Óptimo
X ₁	Temperatura	67.523 °C
X ₂	Tiempo de retención en el espiral	25.0 min
X ₃	Diámetro de luz del tubo del espiral	1.0 pulgadas

En este contexto, el utilizar la temperatura más baja recomendada y el calibre estándar del tubo de espiral, reduce considerablemente el costo de producción al escalar el método a la línea del proceso.

La empresa utilizaba un pasteurizador "de lote" para el proceso de esterilización de la salmuera de enfriamiento y recirculaba la salmuera en 3-6 ciclos durante una jornada. Este método aún genera casos de contaminación directa por BAL al producto en proceso. Actualmente, la empresa ha iniciado el escalado del método, utilizando un pasteurizador horizontal en espiral de diseño propio para asegurar la esterilización continua de la salmuera de enfriamiento y con ello reducir el aporte de BAL a la salchicha Frankfurt en proceso.

CONCLUSIÓN

Para lograr la máxima eficiencia tecnológica en la elaboración de la salchicha Frankfurt se requiere la optimización de todas las etapas intermedias y terminales del proceso. En este contexto, en planta piloto fue posible establecer las condiciones óptimas de pasteurización de la salmuera, que tras su escalado permitirán reducir a niveles no detectables de *Leuconostoc* spp. en este líquido de enfriamiento que además de frenar la cocción del producto, aporta al producto final el componente bioactivo nisina y al humo líquido, y con ello abatir la ocurrencia de productos deteriorados antes de la fecha de consumo preferente.

BIBLIOGRAFÍA

- Björkroth K. J., Vandamme P., Korkeala H. J. (1998). Identification and characterization of *Leuconostoc carnosum*, associated with production and spoilage of vacuum-packaged, sliced, cooked Ham. *Appl. Environ. Microbiol.* 64(9):3313-3319.
- Sanders J. W., Oome, S. J. C. M., Membré J. M., Wegkam, A., Wels M. (2015). Biodiversity of spoilage lactobacilli: phenotypic characterisation. *Food Microbiol.* 45:34-44.
- Padilla-Frausto J. J., Cepeda-Marquez L. G., Salgado L. M., Iturriaga M. H., Arvizu-Medrano, S. M. (2015). Detection and genotyping of *Leuconostoc* spp. in a sausage processing plant. *J. Food Prot.* 78(12):2170-2176.
- Padilla-Frausto J. J., Ceja-Farías T. K., Navarro-Villarruel C. L., Gutiérrez-Lomelí M., Ávila-Novoa M. G., Arévalo-Sánchez M. M. (2019). Diseño de un sistema de barreras múltiples para el control del deterioro microbiano de salchicha. *Avan. Invest. Inc. Alim.* 2:1-4.
- Montgomery D. C. (2003). Diseño y análisis de experimentos. *Limusa-Wiley.*
- FAO. (2013). Meat preservation by thermal treatment. In *Manual on simple methods of meat preservation. FAO-Animal Production and Health Paper, 79*, Rome.
- Ramesh M. N. (2007). Pasteurization and food preservation. In *Handbook of food preservation* (pp. 589-602). CRC Press.